مدلسازی سطح برگ گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) با استفاده از روش های تخریبی و غیر تخریبی

زهرا کریمیان فریمان (۱)، آزاده موسوی بزاز (۲)، محمد بنایان اول (۳)

۱ و ۲- دانشجویان دکتری باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد ۳- دانشیار گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد

سطح برگ در گیاه بادرشبی چه به عنوان گیاه دارویی و چه به عنوان سبزی برگی یکی از مهمترین اجزای این گیاه است و اندازه گیری آن اهمیت زیادی دارد. به این منظور آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. برای تخمین سطح برگ این گیاه وزن تر، وزن خشک و ابعاد برگ (طول و عرض برگ) اندازه گیری شدند. آنالیز رگرسیون سطح برگ با وزن تر، وزن خشک و ابعاد برگ مدل های متعددی را ایجاد کردند که برای تخمین سطح برگ انفرادی بادرشبی مورد استفاده قرار گرفتند. بین مدل های حاصل در این آزمایش دو مدل توانی $LA= ۰/۵۱۰(L\times W)^{۰/۹۴۶}$ و $LA= ۰/۵۱۰(L^2\times W^2)^{۰/473}$ که مبتنی بر مقادیر طول و عرض برگ هستند به ترتیب دقیق ترین تخمین ($R^2= ۰/۸۷۷$, RMSE= ۰/۶۵۶ و $R^2= ۰/۸۷۷$, RMSE= ۰/۶۵۵) را برای تعیین سطح برگ بادرشبی داشتند. می توان این گونه استنباط نمود که رگرسیون های حاصل از $L\times W$ و $L^2\times W^2$ می توانند به طور مناسب تری سطح برگ را تخمین بزنند ولی طول و عرض برگ به تنهایی تخمین مناسبی از سطح برگ ارایه ندادند. در بخش تایید مدل نیز اثبات شد که مدل منتخب می تواند سطح برگ را در گیاه بادرشبی با دقت و سرعت نسبتا بالا تخمین بزند.

کلمات کلیدی: سطح برگ، طول برگ، عرض برگ، مدلسازی، وزن تر، وزن خشک

مقدمه:

بادرشبی گیاهی یک ساله و علفی با نام علمی *Dracocephalum moldavica* L. و متعلق به تیره نعنا[6] است. سطح برگ در گیاه بادرشبی چه به عنوان یک گیاه دارویی (به دلیل وجود اسانس بالا در برگ ها) و چه به عنوان سبزی برگی یکی از مهمترین اجزای این گیاه است و اندازه گیری آن اهمیت زیادی دارد. سطح برگ یک متغیر کلیدی برای مطالعات فیزیولوژیکی شامل رشد گیاه، جذب نور، کارایی فتوسنتزی، تبخیر و تعرق و همچنین پاسخ گیاه به کودها و آبیاری است (Blanco & Folegatti, ۲۰۰۵) بنابراین سطح برگ به شدت رشد و تولید را تحت تأثیر قرار می دهد و تخمین این فاکتور یکی از اجزای اساسی مدل های رشد محصولات است (Lizaso et al., ۲۰۰۳). تعیین سطح برگ بوسیله روش های مستقیم و غیر مستقیم مختلفی امکان پذیر است (Kandiannan et al., ۲۰۰۹). Montgomery (۱۹۱۱) اولین بار پیشنهاد کرد که می توان سطح برگ های منفرد را با ابعاد خطی آن ها مثل طول برگ (L) و عرض برگ (W) تخمین زد.

این مدل های غیر تخریبی تا کنون برای تعیین سطح برگ گونه های مختلفی کدو سبز (Rouphael et al., ۲۰۰۶)، کیوی (Mendoza-de Gyves et al., ۲۰۰۷) و ... ساخته شده اند. یکی دیگر از روش های غیر تخریبی و غیر مستقیم برای تخمین سطح برگ معادله وزن خشک بخش هایی از گیاه یا وزن خشک کل گیاه در روی زمین است (Jonckheere et al., ۲۰۰۴). گزارش شده است که وزن خشک برگ و یا کل گیاه رابطه نزدیکی با سطح برگ در گندم (Aase, ۱۹۸۷)، یونجه (Sharrett & Baker, ۱۹۸۵) و جو (Romas et al., ۱۹۸۳) دارد. هدف از این تحقیق ساخت و توسعه مدل های رگرسیونی بود که قادر باشند با استفاده از طول، عرض، وزن تر و وزن خشک برگ ها با دقت بالا سطح برگ این گیاه را تخمین بزنند. علاوه بر این تایید (Validation) و قدرت پیش گویی این معادلات نیز از اهداف دیگر این آزمایش بود.

---

6. Lamiacea

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد ازمهر تا بهمن سال ١٣٨٨ انجام شد. در چین اول حدود ١٠٠ برگ به طور تصادفی از نیمه بالایی گیاه نمونه برداری شدند. ابتدا وزن تر برگ ها (٠/٠٠١گرم) و سپس طول و عرض آن ها اندازه گیری شدند (٠/١ سانتیمتر). سطح هر برگ نیز به کمک دستگاه سطح برگ سنج مدل Licow (٠/٠٠١ سانتیمتر مربع) تعیین شد. سپس برگ ها برای اندازه گیری وزن خشک آن ها به آون با دمای ٦٥ درجه سانتی گراد به مدت ٤٨ ساعت منتقل شدند و پس از گذشت این زمان با ترازو وزن شدند (٠/٠٠١گرم).

بین متغیر وابسته سطح برگ (LA) با متغیر های مستقل مختلف شامل وزن تر (FW)، وزن خشک (DW)، طول (L) و عرض (W) و مقادیر حاصل از روابط آن ها شامل $L^2\times W^2$, L^2+W^2,L+W, L×W L^2 ,W^2 انواع رگرسیون های خطی ، چند جمله ای، تصاعدی، لگاریتمی و توانی گرفته شد. در هر نوع رگرسیون معادله یا معادلاتی که که دارای ضریب همبستگی بالا (R^2) بودند، انتخاب گردید تا معادلات مناسب برای کاربرد مدل ها جهت تخمین و پیش بینی سطح برگ گیاه بادرشبی تعیین شود. مدل یا مدل های نهایی بر اساس ترکیبی از بالاترین ضریب همبستگی (R^2) و پایین ترین (RMSE) تعیین شدند. برای تایید (Validation) و قدرت پیش گویی مدل ها آزمایش دیگری انجام و ٥٠ نمونه برگی برای پارامترهای مورد نظراندازه گیری شد و در مدل هایی که بالاترین ضریب همبستگی (R^2) و پایین ترین (RMSE) را داشتند قرار گرفت و سطح برگ پیش بینی شده از این مدل با سطح برگ اندازه گیری شده رگرسیون گیری شد تا میزان دقت آن بر اساس ضریب همبستگی (R^2) ارزیابی شود.

نتایج و بحث:

ابتدا میزان VIF و T محاسبه گردید و به ترتیب مقادیر ١/٨٦ و ٠/٥٤ به دست آمد، از آنجایی که میزان VIF از ١٠ کمتر و میزان T از ٠/١ بیشتر بود، می توان از هر دو متغیر طول و عرض برگ در آزمایش ها استفاده نمود. بالاترین میزان برای تخمین سطح برگ در گیاه بادرشبی بر اساس بالاترین ضریب همبستگی و کمترین میزانRMSE مدلهای ٧ و ١٠ می باشد و به دلیل ساده تر بودن پارامترها در مدل ٧ می تواند مدل مناسب تر و آسان تری باشد.

همچنین با توجه به بالاترین ضریب همبستگی و کمترین میزانRMSE می توان مدلهای ٥، ١٣، ٩ و ٨ را نیز در ردیف مدلهای قابل قبول برای تخمین سطح برگ در گیاه بادرشبی معرفی نمود. مدل ١٣ (مدل چند جمله ای با استفاده از وزن تر) به دلیل عدم نیاز به اندازه گیری ابعاد برگ می تواند یک روش سریع و آسان برای اندازه گیری سطح برگ باشد، هر چند که از لحاظ دقت به اندازه دقت مدل های ٧ و ١٠ نمی باشد. برای تایید مدل های به دست آمده به منظور تخمین سطح برگ گیاه بادرشبی، سطح برگ اندازه گیری شده با سطح برگ پیش بینی شده با استفاده از این مدل ها (مدل های ٧ و ١٠) رگرسیون گیری شدند. نتیجه این رگرسیون گیری نشان داد که سطح برگ پیش بینی شده از طریق هر دو مدل ٧ و ١٠ به یک اندازه و به طور نسبتا قوی با R^2=0/878 با سطح برگ اندازه گیری شده همبستگی دارند.

جدول ١- مدلهای و میزان RMSE و R^2 حاصل از رگرسیون گیری بین پارامترهای مختلف برگ بادرشبی

شماره مدل	مدل حاصل	نوع رگرسیون	R^2	RMSE
١	$LA= 0/495\ L^{٢}- ٣/٩٣١L+ ١٣/٠٦$	چند جمله ای	٠/٦٠٩	١/١٩٦
٢	$LA= ١/٦٧٨W^{١/٣٨٠}$	توانی	٠/٧٦٦	٠/٩٨٩
٣	$LA= ٠/٠٠٢(L^2)^{٢}-٠/٠١٢(L^2)+٠/٦٨٦$	چند جمله ای	٠/٦٠٨	١/٢٩٤
٤	$LA= ١/٦٧٨\times(W^2)^{٠/٦٩٠}$	توانی	٠/٧٦٦	٠/٩٨٩
٥	$LA= ٠/٤١١\ (L\times W)+٠/٤٧٠$	خطی	٠/٨٨٢	٠/٦٥٥
٦	$LA= ٠/٠٠١\ (\ L\times W)+ ٠/٤٧٦\ (\ L\times W) - ٠/٠٥٨$	چند جمله ای	٠/٨٨٣	١/٠٩٨
٧	$LA= ٠/٥١٠(L\times W)^{٠/٩٤٦}$	توانی	٠/٨٨٧	٠/٦٥٥
٨	$LA= ١/٥٤٧(L+W)\ -٦/٠٢٧$	خطی	٠/٨٢١	٠/٨٠٨
٩	$LA=٠/٠٨٨(L+W)+\ ٠/٠٢٠(L+W) +٠/٤٤٧$	چند جمله ای	٠/٨٢٨	٠/٧٩٤
١٠	$LA= ٠/٥١٠(L^2\times W^2)^{٠/٤٧٣}$	توانی	٠/٨٨٧	٠/٦٥٦
١١	$LA= ٠/١٥٠(L^2+W^2)+\ ٠/٩٠٩$	خطی	٠.٧٤٦	٠/٩٦٤
١٢	$LA=٠/٠٠٠(L^2+W^2)+ ٠/١٠٣(L^2+W^2)+١/٨٩١$	چند جمله ای	٠/٧٤٨	١/٤٥٠
١٣	$LA=-١٥/٥١FW^{٢}+55/37FW+٠/٢٥٥$	چند جمله ای	٠/٨٦٠	٠/٧١٥
١٤	$LA=٢٩/٠٩FW^{٠/٨٧٧}$	توانی	٠/٨٦٢	٠/٧١٧
١٥	$LA=١٠٩/٤DW^{٠/٧٥٨}$	توانی	٠/٦٣٢	١/١٨٨
*١٦	_	_	_	٠/٨١٥
*١٧	_	_	_	١/٢٧٤

در این جدول FW, L, W و DW به ترتیب عرض برگ، طول برگ، وزن تر برگ و وزن خشک برگ می باشد).

* (RMSE مشاهده شده در مدلهای ١٦ و ١٧ به ترتیب مربوط به تناسب گیری وزن تر و وزن خشک می باشد).

Cristofori و همکاران در سال ٢٠٠٧ گزارش دادند که بهترین مدل برای تخمین سطح برگ فندق یک مدل خطی با استفاده از حاصلضرب طول و عرض برگ به دست می آید. در این تحقیق نیز همبستگی زیادی بین سطح برگ واقعی با سطح برگ پیش بینی شده با استفاده از مدل غیر تخریبی حاصل از حاصلضرب طول و عرض برگ به دست آمد. Potdar و همکاران در سال ١٩٩١ برای تخمین سطح برگ دو رقم موز مدل رگرسیونی خطی با دقت بالایی با استفاده از ترکیب طول و عرض برگ طراحی کردند.

منابع:

1. Aase, J.K., 1987. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. Agronomy Journal, 70: 563-565.
2. Blanco, F.F., Folegatti, M.V., 2005. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. Scientia Agricola, 62:305–309.
3. Cristofori, Y. Rouphael, E. Mendoza-de Gyves and C. Bignami., 2007. A simple model for estimating leaf area of hazelnut from linear measurements, Scientia Horticalture, 113: 221–225.
4. Ghaderi, A., Soltani, A., 2007. Leaf area relationships to plant vegetative characteristics in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) grown in a temperate subhumid environment. International Journal of Plant Production, 1(1):63-71.
5. Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., Baret, F., 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination, I: Theories, sensors and hemispherical photography. Agricultural and Forest Entomology, Meteorol. 121: 19-35.
6. Kandiannan, K., Parthasarathy, U., Krishnamurthy, K.S., Thankamani, C.K., Srinivasan, V., 2009. Modeling individual leaf area of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using leaf length and width. Scientia Horticulturae, 120: 532–537.
7. Lizaso, J.I., Batchelor, W.D., Westgate, M.E., 2003. A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. Field Crops Research, 80: 1–17.
8. Mendoza-de Gyves, E., Rouphael, Y., Cristofori, V., Mira, F.R., 2007. A non-destructive, simple and accurate model for estimation the individual leaf area of kiwi (*Actinidia deliciosa*). Fruits, 62: 1-7.
9. Montgomery, E. G., 1911. Correlation studies in corn. Nebraska Agr Exp Sta Annu Rep., 24:108–159.
10. Potdar, M.V and Pawar,K.R., 1991. Non-destructive leaf area estimation in banana. Scientia Horticulturae, 45:251-254.
11. Romas, J.M., Garcia del Moral, L.F., Reclade, L., 1983. Dry matter and leaf area relationship in winter barley. Agronomy Journal, 75:308-310.
12. Rouphael, Y., Rivera, C.M., Cardarelli, M., Fanasca, S., Colla, G., 2006. Leaf area estimation from linear measurements in zucchini plants of different ages. *Journal of* Horticultural Science & Biotechnology, 81: 238- 241.

Modeling leaf area of Moldavian Dragonhead *(Dracocephalum moldavica* L.) as a medicine plant using destructive and non-destructive methods

Abstract

Measuring leaf area in Moldavian Dragonhead plant either as a medicinal plant or a vegetable is one of the most important factors. For this purpose an experiment was conducted in research greenhouse at Ferdowsi University of Mashhad for Moldavian Dragonhead. For estimation leaf area of this plant leaf dry weight, leaf fresh weight and leaf dimensions (width and length) were measured. Regression analyses of LA versus FW, DW, L and W revealed several models that could be used for estimating the area of individual of Moldavian Dragonhead leaves. Between all models studied in this experiment, $LA = 0.510(L+W)^{0.946}$ and $LA=0.510(L^2\times W^2)^{0.473}$ provided the most accurate estimate ($R^2 = 0.887$, RMSE = 0.655 and $R^2 = 0.887$, RMSE = 0.656) of LA, respectively. It can be concluded that Regressions using $L\times W$ and $L^2\times W^2$ fitted the data better. However, leaf length and width solely didn't display a good estimation of leaf area. Also these models were validated and shown that they can predict leaf area of Moldavian Dragonhead quickly and precively.

Key words: Dry weight, Fresh weight, Leaf area, Leaf length; Leaf width, Modeling,